



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 195 26 448 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G01 S 13/42**  
G 01 S 13/524  
H 01 Q 1/32  
H 01 Q 3/00  
// G01S 13/93

②① Aktenzeichen: 195 26 448.7  
②② Anmeldetag: 20. 7. 95  
④③ Offenlegungstag: 30. 1. 97

DE 195 26 448 A 1

⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

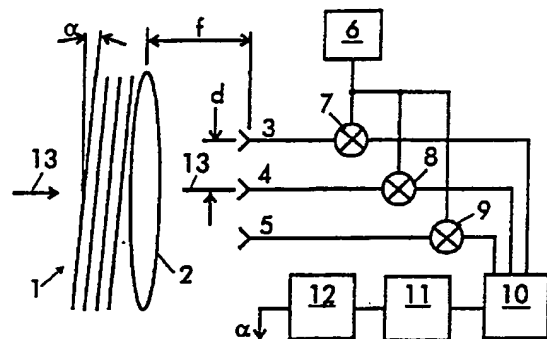
⑦② Erfinder:  
Wagner, Klaus-Peter, Dipl.-Ing., 70193 Stuttgart, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 40 40 572 A1  
DE 38 37 855 A1  
DE 27 23 355 A1  
US 52 85 209  
US 44 04 561  
EP 05 68 427 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem

⑤⑦ In einem Radarsystem, vorzugsweise einem dreistahligen Kraftfahrzeug-Radarsystem trifft unter einem Winkel  $\alpha$  eine Wellenfront (1) auf eine Linse (2) einer Linsenantenne. In der Brennebene dieser Linse (2), angegeben durch den Abstand (f), sind drei Empfangselemente (3, 4, 5), jeweils mit einem seitlichen Abstand (d) zueinander, für den Empfang von Radarsignalen angeordnet. In drei vorgesehenen Mischern (7, 8, 9) wird in die von einem Oszillator (6) jeweils zugeführte Frequenz das in den Empfangselementen erzeugte Hochfrequenzsignal gemischt. In einem Detektor (10) werden aus den Mischsignalen, in denen die Phaseninformation enthalten ist, Zielobjekte detektiert. Mittels eines daran angeschlossenen Phasenkomparators (11) wird die Phasendifferenz und daraus anschließend in einem Rechner (12) der Winkel ( $\alpha$ ) zum Zielobjekt ermittelt. Der Wert dieses Winkels ( $\alpha$ ) wird am Ausgang des Rechners (12) über einen geeigneten Ausgabekanal weiteren Stufen des Systems zugeführt.



DE 195 26 448 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Gattung.

Aus DE 27 23 355 A1 sowie aus DE 40 40 572 A1 sind geeignete Verfahren zur Bestimmung von Abstand und Relativgeschwindigkeit von Objekten mittels elektromagnetischer Wellen mit Radarsystemen bekannt. Die Anwendung derartiger Systeme als einstrahlige Kraftfahrzeug-Radarsysteme dient zur Auffahrwarnung oder Abstandsregelung. Bei dem Verfahren zum Auswerten von Radarimpulsen gemäß DE 27 23 355 A1 geht es um die Erzielung eindeutiger Meßwerte bei Nutzung der Vorteile des Zeitdehnungsverfahrens. Dazu wird in bestimmter Weise eine Hilfspulsfolge mit der Radarimpuls-Sendefrequenz periodisch synchronisiert, wobei das Synchronisationsintervall gleich der Laufzeit eines Echoimpulses für ein in einem bestimmten, vorgegebenen maximalen Abstand befindliches Ziel ist. Bei dem Verfahren zur Messung des Abstandes und der Geschwindigkeit eines Objekts gemäß der DE 40 40 572 A1 wird aus dem Frequenzunterschied der ausgesendeten und der gleichzeitig empfangenen Wellen der Abstand berechnet. Der Frequenzunterschied während eines Anstiegs und während eines Abfalls der Frequenz der ausgesendeten Wellen wird gemessen. Aus der Differenz der Frequenzunterschiede wird die Geschwindigkeit und aus dem Mittelwert der Frequenzunterschiede wird der Abstand des Zielobjekts berechnet. Es handelt sich hierbei um das sogenannte FMCW-Radar, bei dem eine kontinuierlich ausgesendete Welle moduliert wird.

Die vorstehend skizzierten, bekannten Radarsysteme, die als Kraftfahrzeug-Radarsysteme zur Auffahrwarnung und/oder zur Abstandsregelung durch Geschwindigkeitsanpassung Verwendung finden können, sind einstrahlige Radarsysteme. Sie weisen den Nachteil von Fehldetektionen von auf Nachbarspuren befindlichen Fahrzeugen und in Kurven auf, weil keine Information über den Azimuthwinkel des Zielobjekts vorliegt.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Radarsystem mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil der einfachen Bereitstellung dieser fehlenden Information über den Azimuthwinkel des Zielobjektes, oder mit anderen Worten der seitlichen Versetzung des Zielobjekts in Bezug auf eine Bezugsachse. Damit ist es auf einfache und eindeutige Weise möglich, Fahrzeuge auf Nebenspuren zu detektieren und letztlich bei Regelungen als nicht störend zu berücksichtigen, oder auch in Kurven eindeutige Ergebnisse und Ausgangsinformationen für die weitere Verarbeitung zu erhalten.

Gemäß der Erfindung werden zur Winkelmessung zwischen dem Objekt und der Bezugsachse, als die vorzugsweise die optische Achse des Radarsenders wählbar ist, der bzw. die Phasenunterschiede der reflektierten Radarstrahlen, d. h. des Radarechos, mittels eines mehrstrahligen Radarsystems gemessen und ausgewertet.

Die Kenntnis des Winkels, unter dem sich Zielobjekte, insbesondere andere Fahrzeuge, zur optischen Achse

des Radarsystems befinden, und damit ihre lateralen Abstände vom eigenen Fahrzeug, an dessen Frontpartie das Radarsystem angebracht sein kann, ist wichtig für die Spurzuordnung dieser Fahrzeuge. Somit ist vorteilhafterweise mittels der Erfindung eine klare Aussage über die Relevanz dieser Fahrzeuge für die Geschwindigkeits- und Abstandsregelung des eigenen Fahrzeugs ermöglicht.

Das der Erfindung zu Grunde liegende Verfahren ist unabhängig von dem verwendeten Radarprinzip, sei es CW-Radar oder sei es Pulsradar. Es erlaubt bei dem erfindungsgemäß gestalteten Mehrstrahl-Radarsystem die Bestimmung des Objektwinkels aus den Phasendifferenzen, welche die Radarechos aus unterschiedlichen Winkeln zwischen den Empfangselementen hervorru-  
fen.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Radarsystems möglich.

Gemäß einer besonders zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz aufgrund der jeweils durch Laufzeitunterschiede der Radarpulse zum Objekt und zurück zum jeweiligen Empfangselement besteht, wobei die Geometrie der Anordnung, insbesondere der seitliche Abstand, d. h. der senkrecht zur optischen Achse bestehende Abstand, der Empfangselemente untereinander, und der seitliche Winkel des Objekts zur optischen Achse berücksichtigt ist.

Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Radarsystems ist dieses mit einer Linsen- oder einer Spiegelantenne ausgestattet, in deren Brennebene die einzelnen Empfangselemente angeordnet sind. Dadurch ist es möglich, völlig getrennte Empfangsantennen zu vermeiden.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Radarsystems ist vorgesehen, daß durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des Radarsenders bzw. der Radarsender, und damit des damit verbundenen Abstands zwischen den Empfangselementen des Radarsystems, der meßbare Winkelbereich beeinflußbar ist.

Weitere zweckmäßige und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Radarsystems sehen vor, daß es ein monostatisches oder ein bistatisches System ist. Weiterhin kann das System beliebig mehrstrahlig, insbesondere dreistrahlig, sein.

Je nach Einsatz und Umfang des Radarsystems kann gemäß weiterer Ausgestaltungen der Erfindung vorgesehen sein, daß die Signale an den Empfangselementen gleichzeitig abnehmbar sind, oder daß die Signale an den Empfangselementen bei genügend schneller Umschaltung zwischen den Empfangselementen sequentiell abnehmbar sind, wobei gegebenenfalls zur Korrektur der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts verwendbar ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann die Messung der Phasenunterschiede der vom Zielobjekt reflektierten Radarstrahlen im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgen, oder sie kann nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgen.

In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können als Sende- und/oder Empfangselemente des Radarsystems Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler vorgesehen sein.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß gestalteten Radarsystems in der Ausführung als dreistrahliges System;

Fig. 2 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und detektiertem Fahrzeug, welches seitlich von der optischen Achse versetzt ist, sowie die zugehörigen Phasendarstellungen, und

Fig. 3 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und detektiertem Fahrzeug, welches sich auf der optischen Achse befindet, sowie die zugehörigen Phasendarstellungen.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist schematisch ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß gestalteten Radarsystems in der Ausführung als dreistrahliges Kraftfahrzeug-Radarsystem dargestellt. Unter einem Winkel  $\alpha$  trifft eine Wellenfront 1 auf eine Linse 2. Diese Linse 2 ist Teil einer nicht näher dargestellten Linsenantenne. In der Brennebene dieser Linse 2, angegeben durch den Abstand  $f$ , sind drei Empfangselemente 3, 4 und 5, jeweils mit einem seitlichen Abstand  $d$  zueinander, für den Empfang von Radarsignalen angeordnet. In drei vorgesehenen Mischern 7, 8 und 9 wird in die von einem Oszillator 6 jeweils zugeführte Frequenz das in den Empfangselementen 3, 4 und 5 erzeugte Hochfrequenzsignal gemischt. In einem Detektor 10 werden aus den Mischsignalen, in denen die Phaseninformation enthalten ist, die Zielobjekte detektiert. Mittels eines daran angeschlossenen Phasenkomparators 11 wird die Phasendifferenz und daraus anschließend in einem Rechner 12 der Wert des Winkels zum Zielobjekt ermittelt. Dieser Winkelwert wird am Ausgang des Rechners 12 über einen geeigneten Ausgabekanal weiteren Stufen des Systems zugeführt. Diese weiteren Stufen sind nicht dargestellt, weil sie nicht unmittelbar mit der Erfindung zu tun haben.

In der schematischen Darstellung von Fig. 1 sind der besseren Übersicht wegen keine Sendekomponenten des mehrstrahligen Radarsystems dargestellt. Die von Zielobjekten reflektierten Radarstrahlen, das sogenannte Radarecho, sind Radarsignale die durch die Wellenfront 1 dargestellt werden und im allgemeinen schräg unter dem Winkel  $\alpha$  zur Senkrechten zu einer Bezugsachse 13, als die vorzugsweise die optische Achse des Radarsystems gewählt ist, bzw. unter diesem Winkel  $\alpha$  selbst, einfallen. Durch die Linse 2 werden die reflektierten Radarstrahlen jeweils auf die im Abstand  $f$  der Brennebene angeordneten Empfangselemente 3, 4 und 5 fokussiert. Dort rufen sie HF-Signale unterschiedlicher Phasenlage hervor, wobei die Phasendifferenzen abhängig vom Wert des Einfallswinkels  $\alpha$  sind. Unter Beibehaltung der Phaseninformation werden diese HF-Signale mittels der Mischer 7, 8 und 9 in das Basisband der Frequenz des Oszillators 6 gemischt. Am Ausgang des Rechners 12 steht dann der Wert des Winkels  $\alpha$  wunschgemäß zur Verfügung.

In Fig. 2 ist schematisch die Winkelzuordnung zwischen dem Radarsystem, dargestellt durch die drei Empfangselemente 3, 4 und 5 sowie die Linse 2, und einem zu detektierenden Zielobjekt 23, beispielsweise ein Fahrzeug auf einer Nebenspur, welches seitlich um den Abstand  $A$  von der optischen Achse 13 versetzt ist, dargestellt.

Gleichzeitig sind in der rechten Hälfte der Darstellung in Fig. 2 die zu den einzelnen Empfangselementen gehörenden Phasenlagen und die sich daraus ergebenden Phasendifferenzen  $P_{34}$ , zwischen den Phasenlagen der Empfangselemente 3 und 4, und  $P_{45}$ , zwischen den Phasenlagen der Empfangselemente 4 und 5, dargestellt.

In Fig. 3 ist ganz ähnlich der Darstellung in Fig. 2 schematisch die Winkelzuordnung zwischen Radarsystem und zu detektierendem Zielobjekt 33, welches hier auf der optischen Achse 13 angeordnet ist, dargestellt. Gleichzeitig sind in der rechten Hälfte der Fig. 3 die zugehörigen Phasendarstellungen gegeben. Diese zeigen, daß hier die Signale gleichphasig sind und somit keine Phasendifferenzen bestehen. Dies entspricht dem Einfallswinkel  $\alpha$  von Null.

Das der Erfindung zu Grunde liegende Verfahren erlaubt den Aufbau eines beliebig mehrstrahligen Radarsystems, insbesondere eines dreistrahligens wie dargestellt. Darüberhinaus ist es möglich, das Radarsystem als monostatisches oder bistatisches System zu gestalten. Weiterhin kann durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des Radarsenders bzw. der Radarsender bei mehreren, und damit des damit einhergehenden seitlichen Abstands  $d$  zwischen den Empfangselementen 3, 4 und 5 des Radarsystems, der meßbare Bereich für den Einfall- bzw. Objektwinkel  $\alpha$  beeinflußt werden.

Die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz zwischen den Radarechos entsteht aufgrund der Laufzeitunterschiede der Radarpulse oder allgemein der Radarsignale, zum Zielobjekt 23 bzw. 33 hin und wieder zurück zum jeweiligen Empfangselement 3, 4, oder 5. Diese Laufzeitunterschiede ergeben sich aufgrund der Geometrie der Anordnung, insbesondere dem seitlichen Abstand  $d$  der Empfangselemente 3, 4, 5 untereinander, sowie dem Winkel  $\alpha$  des Zielobjekts 23 zur optischen Achse 13, wie in Fig. 2 dargestellt. Dieser seitliche Winkel  $\alpha$  ergibt sich dann am Ausgang des Rechners 12 in Fig. 1 als verwendbarer Zahlenwert. Die Phasendifferenz zwischen den einzelnen Signalen der Empfangselemente 3, 4, 5 ist näherungsweise proportional zum Abstand  $d$  zwischen den Empfangselementen, zum Objektwinkel und reziprok zur Wellenlänge  $\lambda$  der Hochfrequenzsignale.

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Radarsystems ist keine analog/digitale Schnittstelle angegeben. Dies deshalb, weil die Messung der Phasendifferenzen im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgen kann, oder nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgen kann. Die Signale an den Empfangselementen 3, 4 und 5 können dort gleichzeitig abgenommen werden. Sie können dort jedoch auch, was nicht dargestellt ist, bei genügend schneller Umschaltung zwischen ihnen sequentiell abgenommen werden. Dabei können etwa notwendige Korrekturen der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede durch zu Hilfenahme der Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts vorgenommen werden.

Das der Erfindung zugrundeliegende Verfahren erlaubt in vorteilhafter Weise generell bei mehrstrahligen Radarsystemen, und insbesondere bei dem dargestellten dreistrahligem Radarsystem, die Linsen- oder Spiegelantennen und mehrere Speise- und Empfangselemente enthalten, die Bestimmung des Objektwinkels  $\alpha$  aus den Phasendifferenzen. Dabei rufen die Radarechos, die aus unterschiedlichen Winkeln in den Empfangselementen einfallen, diese Phasendifferenzen hervor. Die Speise-

und Empfangselemente des Radarsystems können als Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler ausgeführt sein.

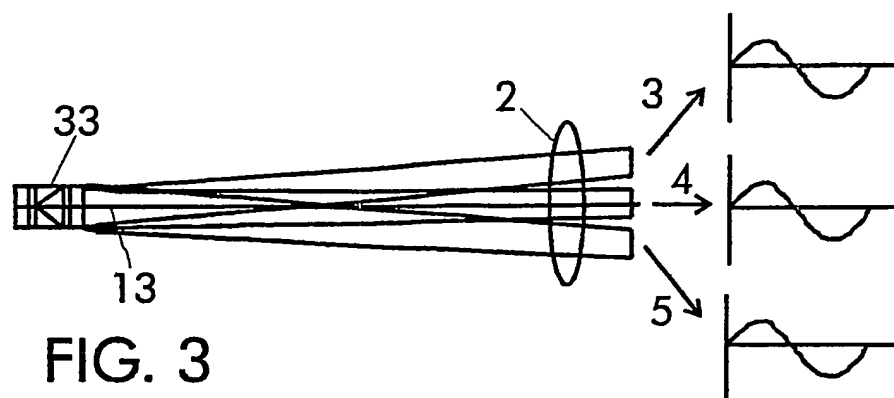
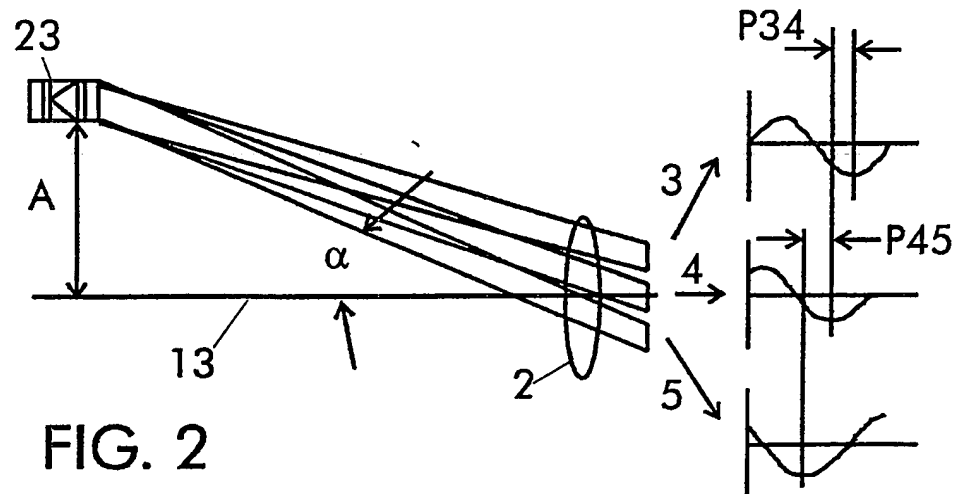
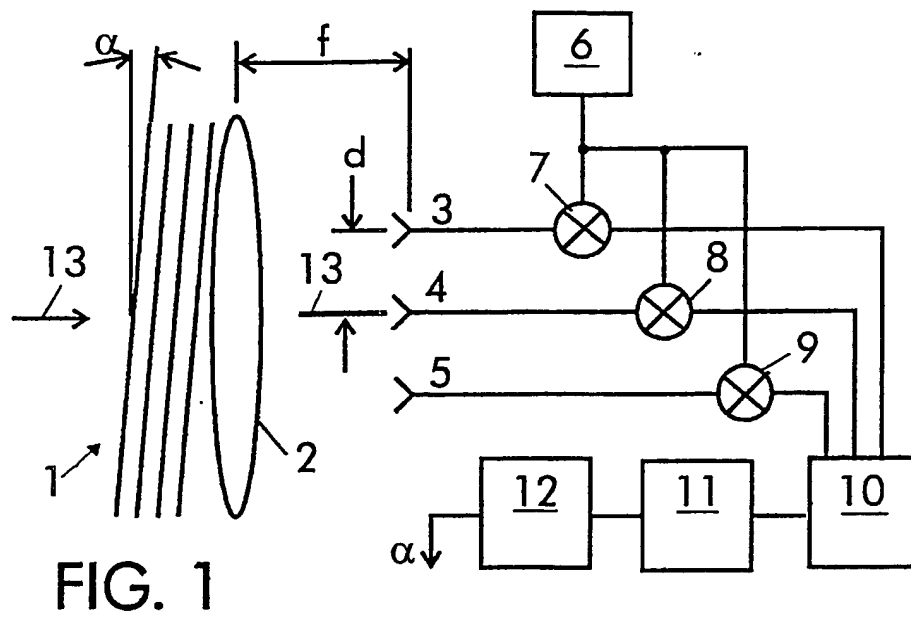
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

# Patentansprüche

5

1. Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem, dadurch gekennzeichnet, daß zur Winkelmessung zwischen einem Objekt (23, 33) und einer Bezugsachse (13), als die vorzugsweise die optische Achse des Radarsenders wählbar ist, der bzw. die Phasenunterschiede (P34, P45) der reflektierter Radarstrahlen, d. h. des Radarechos, mittels eines mehrstrahligen Radarsystems gemessen und ausgewertet werden. 10
2. Radarsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Winkelbestimmung verwendete Phasendifferenz (P34, P45) aufgrund der jeweils durch Laufzeitunterschiede der Radarpulse zum Objekt (23, 33) und zurück zum jeweiligen Empfangselement (3, 4, 5) besteht, wobei die Geometrie der Anordnung, insbesondere der seitliche, d. h. senkrecht zur optischen Achse (13) Abstand (d) der Empfangselemente (3, 4, 5) untereinander, und der seitliche Winkel (a) des Objekts (23, 33) zur optischen Achse (13) berücksichtigt ist. 15
3. Radarsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dieses mit einer Linsen- (2) oder einer Spiegelantenne ausgestattet ist, in deren Brennebene (f) die einzelnen Empfangselemente (3, 4, 5) angeordnet sind. 20
4. Radarsystem nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch geeignete Wahl der Antennencharakteristik des Radarsenders bzw. der Radarsender, und damit des damit verbundenen Abstands (d) zwischen den Empfangselementen (3, 4, 5) des Radarsystems, der meßbare Winkelbereich beeinflussbar ist. 25
5. Radarsystem nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß es ein monostatisches oder ein bistatisches System ist. 30
6. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das System beliebig mehrstrahlig, insbesondere dreistrahlig, ist.
7. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale an den Empfangselementen (3, 4, 5) gleichzeitig abnehmbar sind. 35
8. Radarsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale an den Empfangselementen (3, 4, 5) bei genügend schneller Umschaltung zwischen den Empfangselementen (3, 4, 5) sequentiell abnehmbar sind, wobei gegebenenfalls zur Korrektur der sich dabei durch den Dopplereffekt ergebenden Phasenunterschiede (P34, P45) die Relativgeschwindigkeit des Zielobjekts (23, 33) verwendbar ist. 40
9. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Phasenunterschiede (P34, P45) der vom Zielobjekt (23, 33) reflektierten Radarstrahlen im Zeitbereich mit Hilfe von Analogschaltungen erfolgt, oder nach einer Fouriertransformation im Frequenzbereich mit Hilfe eines Digitalrechners erfolgt. 45
10. Radarsystem nach einem der vorigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Sende- und/oder Empfangselemente (3, 4, 5) Patch-, Horn- oder dielektrische Strahler vorgesehen sind. 50

- Leerseite -



**Radarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-RadarsystemRadarsystem, insbesondere Kraftfahrzeug-Radarsystem**

**Patent number:** DE19526448

**Publication date:** 1997-01-30

**Inventor:** WAGNER KLAUS-PETER DIPL ING [DE]

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT [DE]

**Classification:**

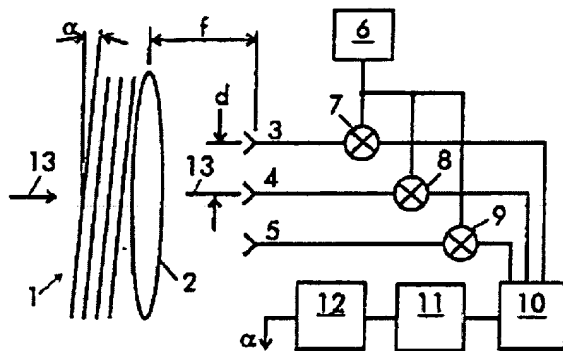
- **international:** G01S13/42; G01S13/524; H01Q1/32; H01Q3/00; G01S13/93

- **european:** G01S13/42; G01S13/48; G01S13/93C; H01Q1/32A6; H01Q19/06

**Application number:** DE19951026448 19950720

**Priority number(s):** DE19951026448 19950720

Abstract not available for DE19526448



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**